



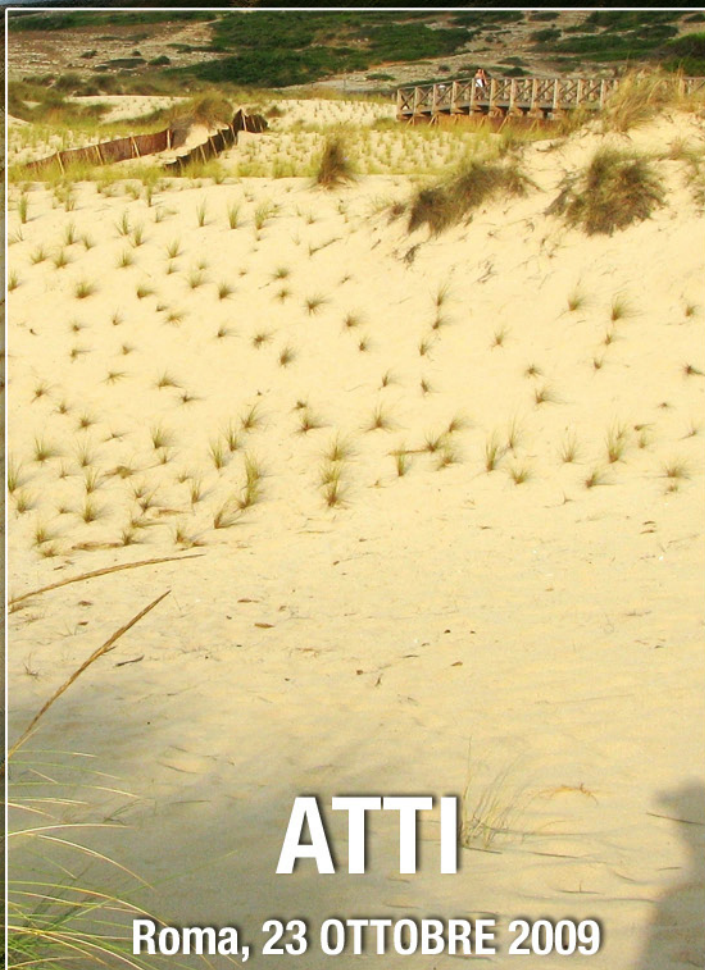
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

SOS DUNE

Stato, problemi, interventi, gestione



ATTI

Roma, 23 OTTOBRE 2009

ISPRA - CATAP



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

SOS DUNE

Stato, problemi, interventi, gestione

ATTI

Roma, 23 OTTOBRE 2009

ISPRA - CATAP

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

ISPRA, Atti 2013
ISBN 978-88-448-0567-8

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica
ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Federico Boccalaro

Coordinamento editoriale
Daria Mazzella
ISPRA – Settore Editoria

20/01/2013

Autori

Il volume, a cura di Luciano Onori, Corrado Battisti e Federico Boccalaro, è stato redatto con il contributo dei seguenti Autori:

Amodio Massimo - Studio Associato GEOSPHERA

massimo.amodio@geosphera.191.it

Battisti Corrado - Provincia di Roma, Servizio Ambiente

c.battisti@provincia.roma.it

Benvenuti Stefano - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piantе Agrarie

sbenve@agr.unipi.it

Bertoncini Lara - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piantе Agrarie

seg1dbpa@agr.unipi.it

Bianco Pietro Massimiliano - ISPRA, Dipartimento Difesa della natura - Servizio Carta della Natura

pietro.bianco@isprambiente.it

Boccalaro Federico - Area Tematica Gestione Coste di SIGEA, Roma

naides@fastwebnet.it

Bovina Giancarlo - Studio Associato GEOSPHERA

giancarlo.bovina@geosphera.191.it

Cantasano Nicola - ISAFOM – CNR, Rende (CS)

n.cantasano@isafom.cs.cnr.it

Capizzi Dario - ARP Regione Lazio

capizzi.arp@parchilazio.it

Carta Angelino - Collaboratore dell'Orto Botanico dell'Università di Pisa

angelino_carta@yahoo.it

Chieco Michele - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia

m.chieco@regione.puglia.it

Cornelini Paolo - AIPIN Lazio

paolocornelini@libero.it

Dacquino Carlo - ISPRA, Dipartimento Tutela delle Acque interne e marine - Servizio Difesa delle coste

carlo.dacquino@isprambiente.it

De Falco Giovanni - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero IAMC - CNR

giovanni.defalco@cnr.it

De Muro Sandro - Dipartimento Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari
demuros@unica.it

De Pietro Francesco - Comitato Amici Dune di Lacona
francedep@gmail.com

Fattori Cristiano - ARP Regione Lazio
cfattori@regione.lazio.it

Galleri Arnaldo - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piantе Agrarie
arnaldo.galleri@gmail.com

Ginanni Marco - Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"
ginanni@tiscali.it

Mancinella Dario - ARP Regione Lazio
mancinella.arp@parchilazio.it

Montinaro Silvia - ARP Regione Lazio
montinaro.arp@parchilazio.it

Moretti Vincenzo - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia
v.moretti@regione.puglia.it

Moscheni Elisabetta - Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"
elisabetta.moscheni@avanzi.unipi.it

Onori Luciano - ISPRA - Dipartimento Difesa della Natura, Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale
luciano.onori@isprambiente.it

Pace Francesca - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia
f.pace@regione.puglia.it

Perfetti Antonio - Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli
a.perfetti@sanrossore.toscana.it

Pignatti Sandro - Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
sandro.pignatti@gmail.com

Sauli Giuliano - AIPIN
aipin@aipin.it

Simeone Simone - Fondazione IMC, Centro Marino Internazionale ONLUS, Oristano

s.simeone@imc-it.org

Tufano Massimo - ARP Regione Lazio

mtufano@regione.lazio.it; tufano@parchilazio.it

Vernieri Paolo - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie

pvernier@agr.unipi.it

Zanichelli Franca - Parco Nazionale Arcipelago Toscano

direzione@islepark.it

INDICE

Presentazione	p. 13
Indirizzo di saluto	p. 14
1. La funzione ecologica delle dune	p. 15
1.1 La duna organogena	p. 16
1.2 Età delle dune	p. 18
1.3 Ecologia dell'ambiente di duna	p. 20
1.4 Le comunità vegetali delle dune	p. 22
1.5 Le dune, un ambiente minacciato	p. 23
Conclusioni	p. 28
Bibliografia	p. 29
2. La frammentazione degli habitat dunali	p. 30
2.1 La frammentazione naturale ed antropogena	p. 30
2.2 Le componenti della frammentazione ambientale antropogena	p. 31
2.3 Tipologie ambientali e contesti geografici	p. 32
2.4 Disturbi e minacce nei sistemi dunali	p. 33
Conclusioni	p. 36
Bibliografia	p. 38
3. Riproduzione di specie dunali minacciate	p. 40
3.1 Esperienze di propagazione di specie dunali	p. 40

3.2 Le attività di sperimentazione e produzione al CIRAA "E. Avanzi"	p. 43
Conclusioni	p. 48
Bibliografia	p. 48
 4. Conservazione e ripristino delle dune nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera	 p. 51
4.1 I temi della GIZC	p. 52
4.2 GIZC ed erosione costiera	p. 53
4.3 La conservazione degli ambienti dunali nell'ambito della GIZC	p. 54
4.4 Indirizzi metodologico-operativi per la gestione integrata del sistema spiaggia-duna	p. 60
Bibliografia	p. 61
 5. Prime valutazioni sullo stato di conservazione degli ambienti dunali costieri del Lazio: ipotesi per il reperimento di aree protette costiere	 p. 63
5.1 Individuazione sistemi dunali	p. 63
5.2 Mappatura dei sistemi dunali	p. 63
5.3 Prime valutazione sullo stato di conservazione dei sistemi dunali	p. 67
5.4 Implementazione delle informazioni in un GIS	p. 68
5.5 Ipotesi per il reperimento di aree protette costiere	p. 69
 6. Studio per l'individuazione di nuove Aree Protette nell'ambiente dunale costiero del Lazio	 p. 71
6.1 Aspetti metodologici	p. 72
6.2 Aspetti geologici e geomorfologici	p. 73
6.3 Aspetti vegetazionali	p. 75

6.4 Aspetti faunistici	p. 78
6.5 Proposte di delimitazione, criticità ed opportunità	p. 80
6.5.1 Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora	p. 81
6.5.2 Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro	p. 85
6.5.3 Duna della spiaggia di Castelporziano	p. 87
6.5.4 Duna di Capratica	p. 88
Bibliografia	p. 90
 7. Analisi della dinamica deposizionale delle <i>banquette</i> di Posidonia o nella spiaggia di Cala di Trana (Palau) mediante video-monitoraggio	 p. 91
7.1 Area di studio	p. 92
7.2 Materiali e metodi	p.93
7.3 Risultati e discussione	p.94
Conclusioni	p. 98
Bibliografia	p. 98
 8. Come funziona la banca dati "SARA"	 p. 100
8.1 Dune costiere biodiversità in pericolo	p. 100
8.2 Banche dati floristiche e floro-vegetazionali	p. 100
8.3 Le specie nella Banca Dati SARA	p. 101
8.3.1 Architettura della Banca Dati SARA	p. 104
8.3.2 Software di interrogazione del Database	p. 107
8.3.3 Ricerca per posizione geografica	p. 108
8.3.4 Ricerca per caratteristiche della specie	p. 108
Conclusioni	p. 113

Bibliografia	p. 114
9. Sistemi dunali e tutela della zona costiera in Puglia	p. 115
9.1 Caratteri del sistema costiero regionale	p. 115
9.2 Interventi pubblici in ambiti dunali pugliesi: risorse, tecniche, strategie, prospettive	p. 117
9.2.1 Interventi sui sistemi dunali per la difesa del suolo	p. 120
9.2.2 Interventi di conservazione, il recupero e fruizione dei sistemi dunali	p. 121
9.3 Le criticità emerse durante il periodo di programmazione 2000-2006 e l'approccio integrato offerto dai Piani di Gestione	p. 122
9.4 La nuova Programmazione Comunitaria	p. 124
Conclusioni: strategie e prospettive	p. 125
Bibliografia	p. 125
10. L'ultima spiaggia per le dune di Lacona: il progetto di azionariato popolare per la tutela del biotopo	p. 127
10.1 Il biotopo delle dune di Lacona	p. 128
10.2 L'importanza conservazionistica del sistema dunale	p. 130
10.3 Azioni di tutela attiva e misure di Conservazione	p. 133
10.4 Il management del sistema e le azioni da compiere	p. 136
Bibliografia	p. 137
11. Il Progetto LIFE Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale: dalle azioni locali alla proposta un network per la conservazione delle dune in Italia	p. 138
11.1 Minacce alle dune e criteri gestionali	p. 138

11.2 Il Progetto LIFE Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale	p. 139
11.3 Risultati del Progetto e discussione	p. 140
11.4 Questioni rimaste sul campo	p. 142
11.5 Verso una strategia condivisa e La Carta di San Rossore	p. 142
Bibliografia	p. 143
 12. Ingegneria Naturalistica applicata alla difesa delle coste sabbiose	 p. 144
12.1 Casistica di interventi in ambiti costieri sabbiosi e lagunari	p. 144
12.1.1 Interventi di rivegetazione in Laguna di Grado (GO)	p. 144
12.1.2 Interventi di rivegetazione, stabilizzazione e consolidamento in Lagune del Po di Levante	p. 147
12.1.3 Interventi di rivegetazione, stabilizzazione e consolidamento in zone costiere della Sardegna	p. 148
12.1.4 Interventi nel Lazio	p. 151
12.1.5 Interventi in Laguna di Nora (CA)	p. 154
Bibliografia	p. 155
 13. Buone Pratiche per gli Interventi di Difesa Ambientale delle Dune Costiere	 p. 157
13.1 Stato dei complessi dunali nel Mediterraneo	p. 157
13.2 Progettazione di interventi costieri sulle dune	p. 158
13.3 Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune	p. 159
13.4 Piantagione di specie erbacee su dune	p. 162
13.5 Copertura di dune	p. 163
13.6 Schermatura di dune	p. 164

13.7 Pennelli	p. 165
13.8 Rivestimenti in legname	p. 166
13.9 Piantagione di fanerogame marine su fondali	p. 166
Bibliografia	p. 168
Appendice: Posidonia oceanica per la difesa degli ambienti dunali	p. 170
a.1 Il ruolo delle biomasse vegetali spiaggiate	p. 171
a.2 Caratteri morfologici e strategie riproduttive della Posidonia oceanica	p. 172
a.3 Caratteristiche ecologiche	p. 173
a.4 Caratteristiche biotecniche	p. 175
a.5 Cause di regressione	p. 176
a.6 Tecniche di ripristino	p. 177
a.7 Trapianti di fanerogame marine nella laguna di Venezia	p. 178
a.8 Progetto di rivegetazione nell'oasi blu Scogli di Isca"	p. 179
a.9 Progetto di rivegetazione a Cavo nell'Isola d'Elba	p. 180
Conclusioni	p. 181
Bibliografia	p. 182

PRESENTAZIONE

Nel 2008, presso L'ISPRA, è stato istituito un gruppo di lavoro per svolgere attività conoscitive e di ricerca relative al "Ripristino degli ecosistemi marino-costieri" al fine di realizzare il primo Repertorio nazionale degli interventi di ripristino degli ecosistemi marino-costieri nelle Aree Protette, i cui risultati sono contenuti nel Rapporto ISPRA 100/2009 *"Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette"*.

Questo lavoro, in coerenza con le finalità dell'Istituto ed in sintonia con le Convenzioni internazionali e le Direttive europee di protezione dell'ambiente, ha cercato di individuare una strategia metodologica per la difesa degli ecosistemi marino-costieri, ma anche degli ambienti umidi retrodunali, che sono tra gli ecosistemi più vulnerabili e più seriamente minacciati non solo a livello nazionale, ma anche mondiale.

I risultati della ricerca, riportati nel citato Rapporto tecnico ISPRA 100/2009, sono stati, illustrati nel Convegno "SOS Dune", organizzato da ISPRA e CATAP a Roma, nella sala Auditorium dell'Istituto.

In questo volume sono stati raccolti i contributi dei relatori intervenuti.

Tutti i Relatori intervenuti hanno manifestato la necessità di intraprendere azioni efficaci ed ecocompatibili di protezione e/o di ripristino di questi ambienti. È chiaro che tali azioni, per risultare adeguate, oltre che essere basate su presupposti derivati dalla ricerca scientifica devono superare interessi settoriali e/o locali e, soprattutto, prendere in considerazione le ricadute sugli ambienti terrestri limitrofi.

Una visione unitaria ed integrata nell'approccio alle problematiche della costa si rende sempre meno procrastinabile nel nostro paese, perché le strategie di promozione di uno sviluppo socio-economico rispettoso del bene ambiente non possono più prescindere da forme di programmazione che vedano interventi coerenti con le politiche regionali, nazionali e comunitarie.

Ing. Luciano Bonci

Dirigente del Servizio aree protette e
pianificazione territoriale
Dipartimento difesa della natura
ISPRA

La prima volta che mi occupai delle dune fu quando fui chiamato dal Comune di Roma per indagare sul deperimento della Pineta comunale di Castelfusano; erano gli anni settanta, allora lavoravo alla Forestale. Furono analizzate le acque sotterranee, i suoli, le piante della foresta e della macchia mediterranea che ammantava il cordone dunale, o meglio quello che ne rimaneva, le modificazioni del clima locale: alla fine risultò che la causa scatenante della moria del bosco situato alle spalle della duna era proprio la manomissione dello stesso sistema dunale, con i varchi artificiali aperti nella sua compagine geomorfologica e con la cattiva gestione della vegetazione dunale.

Un'altra esperienza fu, negli anni ottanta, quella della Duna Feniglia, la Riserva Naturale che limita a sud la laguna di Orbetello. Nell'arco di pochi anni il cordone dunale era stato soggetto ad una erosione marina aggressiva che oltre a demolirlo in alcune sue parti aveva ridotto sensibilmente la spiaggia antistante. Le indagini sedimentologiche, geomorfologiche e climatiche dimostrarono che si era manifestata una sinergia di cause devastanti, da una parte una modifica del regime dei venti locali e dall'altra la realizzazione del porto turistico di Cala Galera, all'estremità ovest del Tombolo di Feniglia, che costituiva una trappola per i sedimenti che altrimenti andavano a ripascere la spiaggia. La spiaggia veniva così assottigliata e non costituiva più una barriera per la Duna retrostante, investita direttamente dai marosi. Veniva colpita anche la vegetazione retrostante il cordone dunale.

Altre esperienze, come quella del Golfo di Metaponto, mi portarono ad interessarmi sempre più alle dune, in quanto tipico ecosistema dove le varie componenti ambientali coesistono in un equilibrio dinamico ma molto fragile, territorio ignorato dai più a cominciare dalle Amministrazioni comunali che hanno il dovere di gestirle, tanto è vero che mentre da una parte il Comune di Roma mi affidava l'incarico di studiare le cause del deperimento della sua pineta, dall'altra la sfondava realizzando un grosso fabbricato (anche se pubblico) proprio asportando un bel tratto di cordone dunale, a fianco di Via Cristoforo Colombo.

E poi tutti pensano alla spiaggia, a difenderla o a sfruttarla, perché evidentemente è un bene economico di tutto rispetto; guai a toglierci la spiaggia, meta agognata delle nostre vacanze, ma pochi pensano alla duna, alcuni ignorando che spiaggia e duna sono un tutt'uno, senza una non può esistere l'altra.

Questo per spiegare come tra la fine del 2008 e gli inizi del 2009 dovendo programmare la SIGEA gli eventi del 2009, pensai ad una iniziativa che riportasse in primo piano le dune, sorelle bistrattate delle spiagge, trovando subito d'accordo Luciano Onori, che era responsabile di un progetto di indagine sulle dune in ISPRA e Federico Boccalaro, ingegnere naturalista attivo in AIPIN e SIGEA, che aveva alle spalle esperienze di rinaturalizzazione di spiagge emerse e sommerse.

Giuseppe Gisotti
geologo e forestale
presidente SIGEA

APPENDICE: *POSIDONIA OCEANICA* PER LA DIFESA DEGLI AMBIENTI DUNALI

di Nicola Cantasano

Un mezzo molto efficace e del tutto naturale per la difesa del litorale è costituito dalla tutela delle praterie di *Posidonia oceanica*. L'azione frenante delle foglie riduce, infatti, l'impatto delle onde contro il litorale e la compenetrazione delle radici e dei rizomi con il fondo sabbioso (matte) impedisce il trasporto solido. Le praterie di *Posidonia oceanica* costituiscono perciò un'importante cintura naturale di contenimento e di protezione delle nostre coste dall'azione erosiva del moto ondoso. E' stato, infatti, stimato che la regressione di un solo metro di prateria può provocare la perdita di 15 - 18 metri di litorale sabbioso.

La riduzione dell'idrodinamismo in prossimità del fondo (e più precisamente a livello dei rizomi) ha anche importanti implicazioni ecologiche in quanto influisce su numerosi aspetti dell'ecosistema quali il pattern di distribuzione della fauna vagile, il tasso di insediamento e di distribuzione degli epifiti sessili, la variazione dei nutrienti nella colonna d'acqua ed il tasso di sedimentazione.

La diminuzione dello stress meccanico conseguente all'attenuazione dell'idrodinamismo a livello rizomico determina inoltre un ambiente meno stressato e più stabile rispetto allo strato fogliare tale da favorire l'insediamento di numerosi organismi epifitici fito-zoobentonici alcuni specifici, altri più generici. Queste condizioni in continua evoluzione potrebbero spiegare la grande ricchezza ed eterogeneità delle specie animali e vegetali osservata nello strato rizomico delle praterie di *Posidonia oceanica*. Esse costituiscono un luogo di riproduzione ed "asilo nido" per numerose specie di pesci, un substrato per gli organismi epifiti e per la fauna sedentaria e una fonte di cibo e rifugio per la fauna natante.

Se poi consideriamo la possibilità di reimpianto di *Posidonia oceanica* su preesistenti popolamenti ormai diradati o scomparsi, possiamo annoverare la messa a dimora di *Posidonia oceanica* tra le tecniche di Ingegneria Naturalistica di tipo stabilizzante per la difesa costiera, in analogia alla messa a dimora di talee per la difesa del suolo.

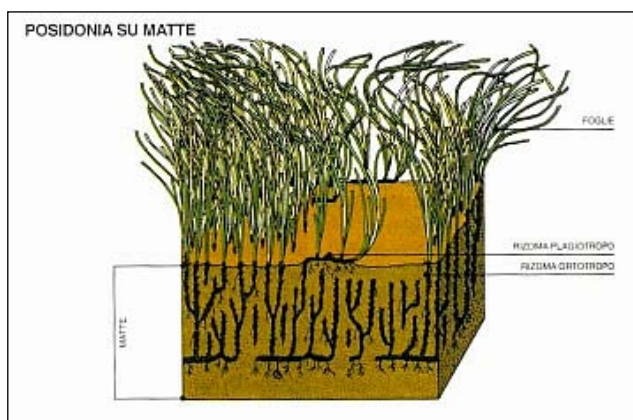


Figura A.1 – Bloccosezione di prateria di *Posidonia oceanica* in fase di crescita
(Boudouresque e Meinesz, 1982, modificato)

a.1 Il ruolo delle biomasse vegetali spiaggiate

Il bilancio sedimentario della spiaggia si compone di tre elementi essenziali: la spiaggia sommersa, quella emersa e la duna costiera tra i quali si svolgono interscambi di materiali fini e grossolani tali da garantire l'equilibrio dinamico ed il corretto funzionamento del sistema costiero. Il ciclo sedimentario tra spiaggia sommersa ed emersa inizia alla fine del periodo vegetativo delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, quando nel periodo autunnale le prime mareggiate staccano le foglie senescenti della pianta dai fascicoli fogliari e dai rizomi dell'erbario (Mateo e Romero, 1997). La perdita fogliare può raggiungere valori ponderali di 10 - 20 tonnellate di frammenti vegetali per ettaro di prateria (Medina *et al.*, 2001) di cui il 5% viene esportato verso il sistema pelagico, il 70% rimane nelle "intermattes" della prateria ed il 25% circa viene trasportato verso la spiaggia emersa a formare le caratteristiche "banquettes" (Boudouresque e Meinesz, 1982).

Le biomasse vegetali spiaggiate possono raggiungere nelle coste sabbiose piatte od in leggera pendenza spessori di due metri (Medina *et al.*, 2001). Le "banquettes" svolgono inoltre un ruolo attivo nel trattenere grandi quantità di sedimento che rimangono intrappolate tra gli strati sovrapposti dei depositi. Tali ammassi fogliari ed i relativi accumuli di sedimento svolgono in seguito, nei mesi invernali a maggiore idrodinamismo, una preziosa ed importante funzione protettiva dei litorali sabbiosi contro l'idrodinamismo e di conseguenza contro il fenomeno dell'erosione costiera garantendo, quindi, il controllo del profilo naturale della spiaggia emersa.

I depositi fogliari che si accumulano nei mesi invernali lungo le coste sabbiose del Mediterraneo sono costituiti da materiali organici rappresentati dalle foglie recise della pianta e da materiali inorganici quali sabbie a diversa tessitura ed acqua. Il contenuto in sabbie presente nelle "banquettes" dipende proprio dalle dimensioni sedimentarie. Nelle spiagge a granulometria grossolana, caratterizzate da particelle aventi diametro superiore ad 1 mm, la quantità di sabbia intrappolata nelle "banquettes" è molto elevata mentre nelle spiagge a granulometria media e fine diminuisce sensibilmente.

Le biomasse vegetali spiaggiate sono inoltre un prezioso bioindicatore che testimonia la presenza di estese praterie di *Posidonia oceanica* nel bacino marino costiero adiacente alle spiagge emerse interessate dal fenomeno. La presenza dei depositi fogliari abbancati è, pertanto, un segnale chiaro ed evidente di un mare sano ed in buone condizioni ecologiche. Occorre, dunque, valorizzare il ruolo ecologico dei banchetti di *Posidonia oceanica*, elementi di naturalità dei litorali italiani, che dovrebbero divenire nel tempo le spiagge "bio" del perimetro costiero nazionale ed essere, quindi, volano turistico per i comuni costieri a maggiore vocazione balneare. Le tecniche e le modalità di gestione delle "banquettes", dunque, devono evolvere dalla mera rimozione meccanica, con relativo trasferimento in discarica, al loro mantenimento sul posto per garantire una reale ed efficace protezione della linea di costa contro il fenomeno erosivo o, laddove possibile, il loro utilizzo come materiale compostabile in tecniche agronomiche sostenibili.



Figura A.2 – Schema del ciclo sedimentario tra spiaggia sommersa ed emersa



Figura A.3 – La "banquette" di Diamante (da Cantasano, 2003)

a.2 Caratteri morfologici e strategie riproduttive della *Posidonia oceanica*

La *Posidonia oceanica*, appartenente alla classe delle Angiosperme, è una delle piante endemiche più note e nel contempo più minacciate del Mediterraneo. Il suo nome deriva da Poseidone (Dio del Mare), la più importante Divinità del bacino ed è certamente appropriato visto il ruolo fondamentale che hanno le sue vaste praterie nell'ecosistema mediterraneo. Durante la loro evoluzione le piante si sono progressivamente svincolate dall'ambiente acquatico per conquistare le terre emerse, mentre nel caso di Posidonia (pianta superiore che produce fiori) si è avuto un progressivo rientro nell'ambiente marino. La stessa cosa è successa nel mondo animale a mammiferi come i delfini e le balene che sono ritornati a vivere in mare.

La specie *Posidonia oceanica* (L.) Delile è organizzata in radici, fusto e foglie. Il fusto è modificato in un rizoma che si accresce in senso orizzontale [rizoma plagiotropo] e verticale [rizoma ortotropo]. I rizomi plagiotropi hanno la funzione di ancorare la pianta al substrato, grazie alla presenza di radici sul lato inferiore e di consentire la colonizzazione di nuove aree. I rizomi ortotropi, invece, crescendo in altezza, contrastano il progressivo insabbiamento dovuto alla continua sedimentazione e consentono alla pianta di sfruttare al massimo lo spazio e la luce disponibili.

Lo sviluppo della prateria in direzione verticale ne determina il progressivo innalzamento dal fondo, che dà origine ad una tipica formazione chiamata dagli autori francesi "matte", costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi; solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive.

Le foglie sono nastriformi, con apici arrotondati, di colore verde intenso, hanno una larghezza media di circa un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza; sono differenziate in un lembo fotosintetizzante e in una base, presente solo nelle foglie che hanno raggiunto un certo grado di sviluppo, più o meno lignificata in rapporto all'età.

Le foglie sono disposte in fasci ognuno dei quali ne contiene in media sei - sette, organizzate in modo simile ad un ventaglio. Le più vecchie, di maggiore lunghezza, sono esterne, mentre le più giovani, di taglia inferiore, si trovano all'interno del fascio stesso.

Posidonia oceanica presenta sia modalità di riproduzione sessuale con formazione di fiori e frutti, che asessuale per frammentazione vegetativa attraverso un processo di stolonizzazione. In caso di riproduzione sessuale la pianta produce infiorescenze

recanti 3 - 7 fiori di cui alcuni ermafroditi ed altri maschili. La riproduzione sessuale, per impollinazione idrofila, è piuttosto rara e geograficamente localizzata nel bacino orientale del Mediterraneo, favorita dalle elevate temperature della zona. Tale modalità riproduttiva si è estesa negli ultimi anni anche nel bacino occidentale, favorita dal fenomeno generale del riscaldamento delle acque, conseguenza diretta del processo di graduale meridionalizzazione del bacino. Tale processo porta alla formazione di frutti ovoidali, detti "olive di mare", che maturano nel tardo periodo invernale e dal cui involucro (pericarpo) si liberano i semi, dai quali, su substrati adatti, germinano le nuove plantule.

La moltiplicazione vegetativa per frammentazione dei rizomi trasportati dal moto ondoso rimane comunque il principale metodo di riproduzione della specie.

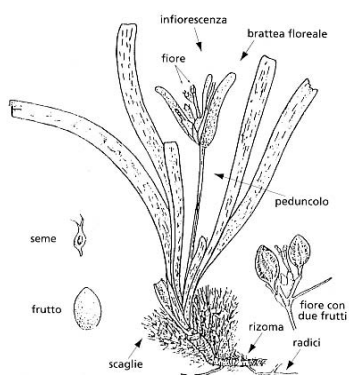


Figura A.4 – Principali parti costitutive di un ciuffo di *Posidonia oceanica* [da Legambiente, 1996]



Figura A.5 – Foglie di *Posidonia oceanica* con epifiti (da Rende, 2005)

a.3 Caratteristiche ecologiche

Posidonia oceanica è una specie vegetale endemica del Mediterraneo; richiede ambienti con oscillazioni termiche comprese tra 11°C e 29°C, salinità elevate, una forte luminosità ambientale ed una buona ossigenazione delle acque litorali. La presenza delle praterie di *Posidonia oceanica* è quindi un chiaro indizio che attesta le buone condizioni chimico-fisiche e biotiche delle acque costiere.

Posidonia oceanica si insedia sia su substrati mobili come sabbia più o meno grossolana, talvolta mista a fango, che su fondi detritici e rocciosi. In ogni caso, su qualsiasi superficie la pianta si insedi, essa modifica notevolmente il substrato originario di impianto poiché le sue foglie agiscono come una sorta di trappola per le particelle in sospensione nella colonna d'acqua facilitandone la sedimentazione.

La pianta necessita di una forte illuminazione, e, per questo motivo, la trasparenza dell'acqua e la profondità sono fattori determinanti per la sua crescita.

In condizioni ambientali favorevoli, colonizza vaste aree di fondo marino, formando ampie distese chiamate praterie che si estendono dalla superficie fino a circa 30-35 metri di profondità spingendosi, a volte, fino all'isobata di 40 metri in acque particolarmente limpide. La sua espansione e/o conservazione indica il buono stato di salute ecologica dell'ambiente marino costiero di cui rappresenta pertanto un prezioso indicatore biologico.

Per valutare lo stato di salute di una prateria occorre esaminare alcuni parametri fenologici, tra i quali la densità dei fascicoli fogliari (numero di fasci per metro quadrato di substrato), che consente di avere un'idea rapida ed immediata delle condizioni biologiche del posidonieto. L'utilizzo combinato dei diversi indicatori permette di classificare praterie uniformi con densità regolare e praterie con interruzioni e densità non uniforme; altre ancora sono definite "a macchia" in quanto costituite da raggruppamenti di piante distinti tra loro.

Nella prateria si distingue inoltre un "limite superiore" superficiale partendo dalla linea di costa che è sempre molto netto e corrisponde all'inizio della prateria ed un "limite inferiore" profondo, che può avere conformazioni diverse, dove termina la prateria.

Un attento studio nel tempo dei limiti che circoscrivono la prateria consente di valutare la sua dinamica ed eventualmente, ove fosse in regressione, di realizzare interventi di ripristino. La prateria a *P. oceanica* rappresenta una biocenosi molto complessa e ben strutturata, caratterizzata da un'elevata variabilità biologica delle comunità vegetali ed animali che la compongono. Tale biocenosi è costituita dalla sovrapposizione di due popolamenti: una stratocenosi superiore fotofila presente sulle foglie ed una inferiore sciafila presente sui rizomi.

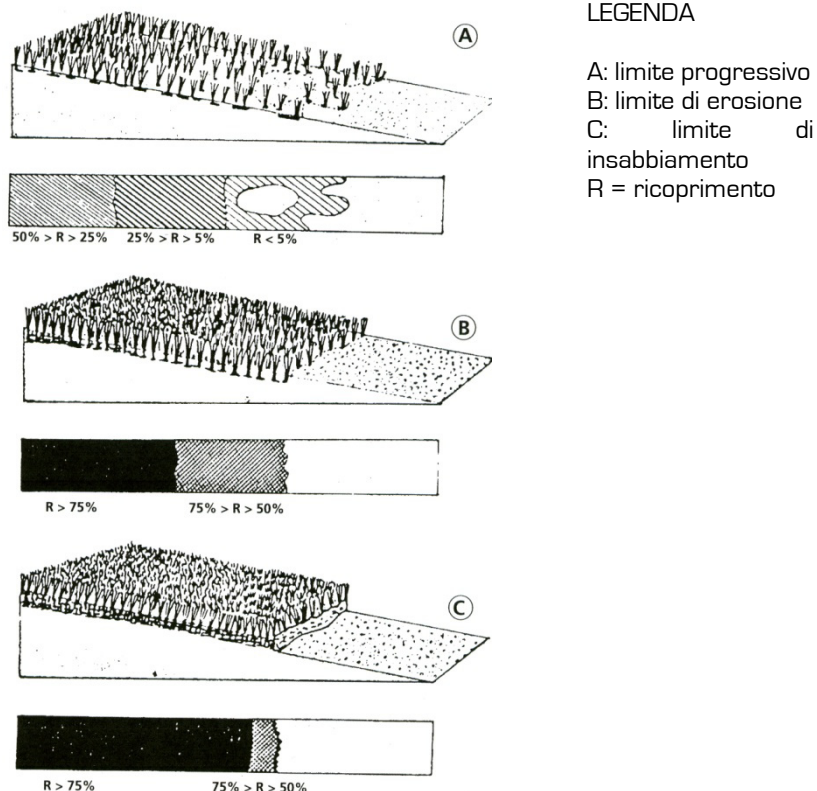


Figura A.6 - Schematizzazione dei tre tipi di limite inferiore delle praterie (da: Meinesz e Laurent, 1978, modificato)

a.4 Caratteristiche biotecniche

Per la verifica delle attitudini biotecniche dell'apparato radicale e rizomico di *Posidonia oceanica* si sono prelevati dai fondali antistanti la baia di Cavo nove campioni o zolle (di circa 20 cm di lato) rappresentativi del sedimento sabbioso, della matre morta e della matre viva dell'esistente prateria.

La sabbia, a struttura omogenea e molto sciolta, da media a fina (dei grani da 0,1 a 0,4 mm), è di tipo quarzifero con tracce di limonite ed ematite derivante da uno sversamento illegale di detriti di cava.

Le prove a taglio diretto con apparecchio Casagrande sono state eseguite su 3 provini per ciascun tipo di sedimento (sabbia, sabbia + matre morta, sabbia + matre viva) delle dimensioni di cm 6 x 6 x 2 sottoposti a 3 diversi carichi verticali efficaci (49, 98 e 147 kPa) ed alla stessa durata e velocità di deformazione (24 h e 0,03 mm/min).

Le prove, in condizioni drenate, hanno evidenziato, attraverso i parametri efficaci di coesione c ed angolo di attrito ϕ il significativo incremento della resistenza del substrato ad opera dei rizomi della fanerogama marina. Passando dalla sabbia alla sabbia + matre morta e alla sabbia + matre viva la coesione cresce rispettivamente da 0 kPa a 22 kPa e 24 kPa, mentre l'angolo d'attrito oscilla da 37° a 42°. La resistenza al taglio cresce da 130 kPa per la sabbia a oltre 160 kPa per la sabbia + matre senza peraltro arrivare alla rottura del provino.

L'esperienza dimostra l'efficacia di *Posidonia oceanica* nel compenetrare e rinforzare il sedimento, come una vera e propria terra rinforzata, proteggendo il fondale dall'azione erosiva del moto ondoso e delle correnti marine.



Figura A.7 - Campione di matre viva sottoposto a prova di taglio diretto (da F. Boccalaro, 2007)

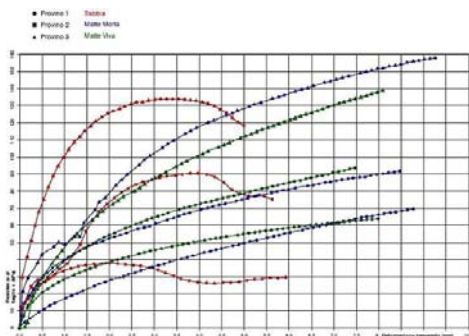


Figura A.8 - Andamenti delle curve ottenute dalle prove di taglio diretto (da S. Cianci di GEO PLANNING, 2007)

a.5 Cause di regressione

Le praterie di *Posidonia oceanica* regrediscono e scompaiono a causa dell'inquinamento. La loro progressiva regressione nel Mar Mediterraneo, che ha già determinato una rarefazione degli erbari lungo le coste settentrionali, è perciò particolarmente preoccupante. Anche lo scarso successo della riproduzione sessuata, determinando una diminuzione della variabilità genetica all'interno delle popolazioni, potrebbe aver reso la specie più vulnerabile rispetto ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Le principali cause di rarefazione delle praterie sono comunque da collegare alla crescente pressione antropica sull'ambiente costiero, che ha prodotto un aumento di torbidità delle acque riducendo la capacità fotosintetica delle piante e determinando la regressione delle praterie.

Anche l'alta concentrazione di inquinanti organici, causando un eccessivo sviluppo algale, può provocare sia un aumento della torbidità delle acque che un eccessivo sviluppo di epifiti sulle foglie di *Posidonia oceanica*. In entrambi i casi viene ridotta l'intensità luminosa che raggiunge la pianta con conseguenze negative sulla sua sopravvivenza.

Non ultime le sostanze chimiche di vario genere (es. tensioattivi, metalli pesanti ecc.) che possono causare necrosi dei tessuti, alterazioni morfologiche e comunque interferire negativamente con i normali processi di accrescimento vegetale.

Inoltre la costruzione di porti e dighe, lo sbancamento e la cementificazione dei litorali possono interferire drasticamente con il normale regime idrodinamico e causare importanti alterazioni del tasso di sedimentazione creando, così, seri problemi alla stessa sopravvivenza delle praterie.

Un aumento degli apporti sedimentari favorisce, infatti, l'insabbiamento ed il conseguente soffocamento alla base della prateria, mentre una riduzione del sedimento provoca lo scalzamento dei rizomi e rende quindi l'erbario più sensibile a fenomeni di erosione.

Gli squilibri provocati nel sistema costiero dalla scomparsa delle praterie di *Posidonia oceanica*, studiati in molte aree del Mediterraneo, portano ad un impoverimento quantitativo e qualitativo delle biocenosi del sistema litorale ed ad una maggiore sensibilità delle coste verso fenomeni di erosione, che hanno un elevato impatto sia dal punto di vista naturalistico che economico.

Nell'intento di salvaguardare l'ecosistema a *Posidonia oceanica*, assume un'importanza basilare definire le aree occupate dalle praterie, studiarne la struttura, la fenologia ed i popolamenti epifiti. Per realizzare tale scopo si utilizzano metodologie di monitoraggio che, attraverso rilevamenti sul campo ed analisi in laboratorio, conducono a rappresentazioni cartografiche immediatamente interpretabili ed ad indicazioni sullo stato di salute delle praterie e dei popolamenti ad esse associati.

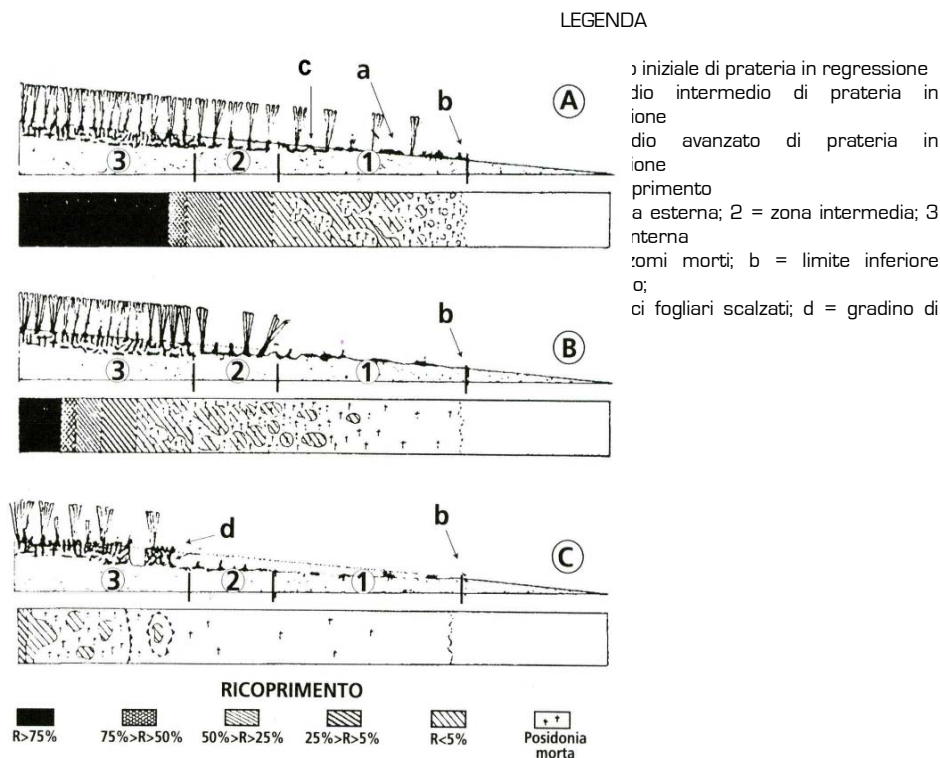


Figura A.9 - Stadi di regressione delle praterie (da Meinesz e Laurent, 1978)

a.6 Tecniche di ripristino

Le prime esperienze di trapianto in Italia sono state effettuate lungo i litorali tirrenici della Toscana e del Lazio nel periodo 1994 - 1995 volte al ripristino delle praterie su substrati mobili (Balestri *et al.*, 1998).

Questi progetti di rivegetazione sono stati programmati ed effettuati in aree costiere soggette ad impatto antropico ed in zone dove si sono verificati fenomeni di regressione delle praterie.

Le esperienze di trapianto sono state effettuate su aree morte di "matte" e/o su substrati incoerenti costituiti da ghiaie o ciottoli, utilizzando tecniche diverse quali il metodo su paletti (picchetti di ancoraggio infissi nel sedimento) e quello su griglie (georeti posate e fissate al fondo), ma in entrambi i casi gli esiti delle prove sperimentali sono stati condizionati dalle caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche del substrato.

Si sono utilizzati semi provenienti da frutti di *Posidonia oceanica* spiaggiati sulla riva e successivamente coltivati in laboratorio od in alternativa giovani plantule trapiantate direttamente da praterie in fase di avanzata regressione. Il bilancio provvisorio di questi primi tentativi è risultato positivo e le tecniche di trapianto su paletti e su griglie hanno dato esiti favorevoli.

I progetti di rivegetazione devono essere sempre preceduti da approfonditi studi sulle caratteristiche abiotiche ed edafiche nel sito di trapianto ed integrati da tecniche di

ingegneria naturalistica quali materassi, paletti tutori, reti metalliche, rulli frangiflutti, ecc., intorno alla zona di intervento per proteggere l'erbario, in fase di accrescimento, dal moto ondoso e dalle correnti, assicurando così l'evoluzione positiva del sistema [Figura A.10].

Descrizione	
1.	Studio dei rilievi pedologici relativi al fondale (caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche).
2.	Studio dei rilievi geologici ed idrologici.
3.	Studio dei dati fisici (luce, temperatura, velocità della corrente, maree), chimici (inquinamento) e biologici del corpo idrico.
4.	Studio dei rilievi vegetazionali del fondale o cartografici esistenti o loro esecuzione nell'ambito del futuro tratto da sistemare.
5.	Studio dei lavori preliminari relativi all'ecologia dei corpi idrici.
6.	Studio dei rilievi geomorfologici (erosione, deposito sedimenti, ecc.).

Nota - La profondità e la salinità dell'acqua, il suo idrodinamismo, nonché il tipo di sedimento del fondale, condiziona la scelta della specie da impiantare:

- *Posidonia Oceanica* predilige fondali oltre i due metri di profondità, salinità alta, corrente accentuata e sedimento a granulometria grossolana.
- *Cymodocea nodosa* predilige fondali oltre il metro di profondità, salinità media, corrente accentuata e sedimento a granulometria grossolana.
- *Zostera marina* predilige fondali oltre il metro di profondità, salinità media, corrente moderata e sedimento fine.
- *Zostera noltii* predilige fondali inferiori al metro di profondità (*barene, velme*), salinità media, corrente moderata e sedimento fine. E' una specie con cicli di crescita-deperimento imprevedibili.
- *Ruppia maritima* predilige fondali inferiori al metro di profondità (*ghebi, chiari*), salinità bassa, corrente moderata e sedimento sabbioso-limoso.

E' da evitare l'impianto di un vivaio. E' preferibile effettuare un trapianto in zolle (20x30 cm) a *nuclei di innesco* da praterie di rifiorimento di buona qualità in tempi brevi (*max 12 h*) e durante la primavera, eventualmente con l'ausilio di reti metalliche o sintetiche a maglia larga (5-10 cm) ancorate al suolo.

Figura A.10 - Lista di controllo per la progettazione di forestazione dei fondali marini e lagunari [da Boccalaro, 2004]

a.7 Trapianti di fanerogame marine nella laguna di Venezia

A partire dalla primavera 1992, è stata condotta, per conto dell'Assessorato all'Ecologia del Comune di Venezia, una serie di trapianti con le tre specie di fanerogame marine presenti in Laguna (*Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Nanozostera noltii*) adeguatamente monitorati.

I trapianti sono stati effettuati mediante prelievo, con apposito carotatore, di zolle di sedimento all'interno di popolamenti puri ed omogenei [Rismondo *et al.*, 1995]. Le zolle, aventi diametro di circa 20 cm e profondità di 25 cm, sono state conservate in appositi recipienti adatti al trasporto e reinserite, in sito di trapianto, nelle parcelle sperimentali di m 6 × 6. La massima cura è stata posta nel livellamento del materiale trapiantato per evitare fenomeni di scalzamento o di copertura.

Un altro metodo utilizzato in parallelo è consistito nella raccolta di rizomi con ciuffi fogliari terminali e nel successivo reimpianto mediante fissaggio degli stessi al sedimento con opportune graffe in plastica.

Nel quadro di un più ampio progetto di riassetto morfologico lagunare, si ritiene che gli interventi di trapianto a fanerogame marine siano attuabili, a condizione che i fenomeni di degrado ed i fattori potenzialmente limitanti lo sviluppo di queste

angiosperme in certe aree lagunari (forte torbidità, sviluppo di macroalghe, condizioni di stagnazione delle acque ecc.) siano eliminati almeno in parte.



Figura A.11 - Trapianto di fanerogame con la tecnica a zolle (da Consorzio Venezia Nuova, 2002)

a.8 Progetto di rivegetazione nell'oasi blu "Scogli di Isca"

Il W.W.F. Italia, nell'ambito delle azioni volte alla salvaguardia degli ambienti costieri del Mediterraneo, propone, tra le principali linee di intervento, la riforestazione dei fondali mediterranei in quelle zone maggiormente esposte alla pressione antropica. Il progetto di tutela delle praterie di *Posidonia oceanica* in Calabria propone le seguenti azioni.

Un piano generale di monitoraggio di ambienti marini calabresi attraverso lo studio di biocenosi bentoniche e planctoniche e l'uso di marcatori biologici innovativi al fine di individuare molto precocemente cause di disturbo ambientale.

Un intervento di trapianto di fanerogame bentoniche costiere finalizzato alla rivegetazione di fondali in aree marine protette. Questo intervento prevede il rinfoltimento delle praterie di *Posidonia oceanica* sui fondali prospicienti il sito SIC "Scogli di Isca", Oasi Blu W.W.F. (6 ha), comune di Belmonte Calabro (CS), mediante il trapianto a talee ed a zolle di *Posidonia oceanica* e di *Cymodocea nodosa*, prelevate da idonee zone di rifornimento.

Il programma di ricerca prevede le seguenti azioni.

Nella fase propedeutica verranno condotte indagini conoscitive preliminari speditive (pedologiche, geomorfologiche, fisiche, chimiche, biologiche). Nella fase di espianto si reperiranno delle talee in siti di rifornimento dove le praterie di *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa* risultano integre ed in buono stato vegetativo e dalle quali prelevare i campioni idonei per il trapianto.

Nella fase di trasporto verranno dislocate le stesse talee e le relative zolle in contenitori umidi con mezzi di trasporto terrestri entro 12 ore dal prelievo.

La fase successiva prevede la messa a dimora di talee e zolle di fanerogame marine nelle zone di rivegetazione su matte morta, in 5 parcelle di reimpianto. Saranno sperimentati diversi sistemi di ancoraggio al fondo delle piantine trapiantate, allo scopo di favorirne il processo di accrescimento vegetativo nella fase critica del periodo post-germinativo delle specie ed al fine di testare l'efficacia delle tecniche applicate: tecnica a paletti tutori + rulli in geotessile, tecnica a geogriglia + rete metallica + rulli in geotessile, tecnica a biorete + rete metallica + rulli in geotessile, tecnica a materassi in rete metallica + georivestimenti.

Nella fase di messa in sicurezza verranno poste in opera recinzioni, segnalazioni e protezioni della zona oggetto di intervento. Nella fase divulgativa verrà predisposto un manuale operativo sulla realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica per la rivegetazione di fondali marini.

a.9 Progetto di rivegetazione a cavo nell'Isola d'Elba

Una recente sperimentazione, finalizzata a testare nuove tecniche di rivegetazione (con metodologie di ingegneria naturalistica) applicate alle praterie di *Posidonia oceanica* degradate, è stata condotta sulle praterie di Baia di Cavo, nel Comune di Rio Marina (Isola d'Elba). Le metodologie di sperimentazione hanno previsto l'espianto di talee ortotrope e plagiotrope provenienti da praterie della Baia di Cavo, il trasporto delle talee nel sito di riferimento individuato ed il successivo trapianto.

Sono stati sperimentati diversi sistemi di ancoraggio e di rivestimenti antierosivi al fondo per le talee, allo scopo di favorirne la crescita vegetativa nella fase critica del periodo post-germinativo delle specie ed al fine di testare l'efficacia delle tecniche applicate. L'intervento ha comportato le seguenti operazioni.

Nella fase di espianto si è effettuato un prelievo complessivo di 240 rizomi ortotropi e plagiotropi (ciascuno composto da 3 ciuffi fogliari) di *Posidonia oceanica*.

Nella fase di trapianto, si sono individuate 10 parcelle di reimpianto, tutte ubicate nel sito di Baia di Cavo, di 1 mq ciascuna. Le tecniche di fissaggio utilizzate variano dalla geostuoia in polipropilene + rete metallica alla biorete in agave + rete metallica e al materasso in rete metallica rinverdito.

Su ogni supporto, sono state posizionate circa 20 talee di *Posidonia oceanica*; quelle inserite sulle geostuoie sono state fissate singolarmente con filo metallico plastificato. La sperimentazione è iniziata nel mese di Settembre 2006 e durerà alcuni anni. Verranno effettuati dei sopralluoghi con cadenza stagionale per effettuare il monitoraggio del reimpianto.

Per la verifica della riuscita del trapianto verrà predisposto un articolato piano di monitoraggio con l'ausilio di apposite schede di campionamento per la verifica:

- della stabilità e resistenza all'idrodinamismo marino delle strutture posizionate,;
- della compatibilità della *Posidonia oceanica* con le strutture scelte (misurata attraverso la ripresa vegetativa delle talee e il tasso di sopravvivenza dei rizomi trapiantati).



Figura A.12 - Squadra al lavoro per la posa dei rivestimenti
(da Boccalaro, 2006)



Figura A.13 - Posa in opera del materasso sul fondale
(da Cinelli, 2006)



Figura A.14 - Materasso rinverdito su fondale dopo 7 mesi
(da Cinelli, 2007)

Successivamente al trapianto è stata effettuata una serie di controlli, per rilevare lo stato di conservazione dei materiali e la stabilità dei rivestimenti e delle talee all'azione del moto ondoso e delle correnti.

Nel complesso le strutture utilizzate si sono rivelate adatte all'uso in mare, grazie alla loro capacità di resistenza alle condizioni meteo marine avverse ed alla corrosione marina, caratteristiche che le rendono degli ottimi ancoraggi per le operazioni di reimpianto con talee di fanerogame marine. In particolare si consiglia l'uso delle geostuoie in "Macmat R" per i reimpianti su *matte* morta in presenza di altre macroalghe o di fanerogame marine, grazie alla struttura agugliata del materiale, che permette la crescita delle macrofite all'interno della stuoia stessa, aumentando così la sua stabilità e l'integrazione con l'ambiente bentonico. Per i reimpianti su substrato sabbioso sembra invece da preferirsi l'uso del materasso "Reno" rivestito, grazie alla sua elevata stabilità, dovuta al riempimento con sabbia, che elimina la necessità di ancoraggio. Infine l'utilizzo delle bioreti in agave è da preferire per le attività di reimpianto da svolgere in aree di particolare pregio naturalistico con basso idrodinamismo, laddove il collocamento in mare di materiali biodegradabili è consigliabile al fine di evitare ogni possibile impatto sull'ambiente marino.

Conclusioni

Le tecniche di trapianto di fanerogame bentoniche costiere nelle regioni mediterranee potrebbero costituire una soluzione ideale per il recupero morfologico dei litorali italiani. Si potrebbe infatti programmare nel tempo un piano più ampio e generale di riforestazione delle praterie di *Posidonia oceanica* sui fondali costieri del Mediterraneo a difesa di zone litorali esposte al fenomeno dell'erosione costiera.

Gli interventi di rivegetazione dovranno essere sempre preceduti da approfonditi studi sulle caratteristiche abiotiche ed edafiche nel sito di trapianto ed integrati da tecniche di Ingegneria Naturalistica quali materassi, paletti tutori, reti metalliche, rulli frangiflutti ecc., intorno alla zona di intervento per proteggere l'erbario, in fase di

accrescimento, dal moto ondoso e dalle correnti, assicurando così l'evoluzione positiva del sistema.

Si potrebbe, quindi, ipotizzare in un prossimo futuro di ricostruire quella barriera vegetale parallela alla linea di costa che un tempo cingeva e proteggeva gran parte delle coste mediterranee.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va a Marina Burgassi e Francesco Rende (ICRAM), per il prezioso aiuto durante le attività di campo, e a Stefano Cianci (GEOPLANNING), per l'assistenza tecnica nell'ambito delle prove effettuate in laboratorio.

Bibliografia

- AA.VV., Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica, Patron, Bologna, 1995.
- AA.VV., "Salvaguardia della Laguna di Venezia: con l'acqua e contro l'acqua". Consorzio Venezia Nuova, Venezia, 2000.
- AA.VV., Manuale di Ingegneria Naturalistica vol. 2° (cap. 19), Regione Lazio, Roma, 2003.
- AA.VV., Aree Costiere atti n° 205, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 2004.
- AA.VV., Atlante delle opere di sistemazione costiera, APAT, Roma, 2007.
- AA.VV., La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo, Beachmed, Roma, 2007.
- AA.VV., Progetto LIFE Natura - Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto - Gestione di habitat dunali nei siti Natura 2000, Veneto agricoltura - Servizio Forestale Regionale per le Province di Treviso e Venezia - Padova e Rovigo, Padova, 2007.
- AA.VV., Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette, ISPRA, Roma, 2009.
- BALESTRI E., PIAZZI L. e CINELLI F. (1998). "Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal aerea". Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228, 209-225 (Pisa).
- BEECH N. W., BRAMPTON A. H., SIMM J. D., *et al.*, Beach management manual, CIRIA, Londra, 1996.
- BLOTT S., PYE K., SAYE S., Sand dune processes and management for flood and coastal defence, DEFRA, Londra, 2007.
- BOCCALARO F. e CANTASANO N. "Forestare il mare". ACER,3. Il Verde Editoriale, Milano, 2001.
- BOCCALARO F., BURGASSI M., CINELLI F., RENDE F., ZANELLA *e al.* "Nouvelle méthode de réimplantation de phanérogames marines dans la méditerranée". Symposium Méditerranéen sur la végétation marine, Marsiglia, 2007.
- BOCCALARO F., Difesa del Territorio e Ingegneria Naturalistica. Dario Flaccovio, Palermo, 2006.
- BOUDOURESQUE C.F. e MEINESZ A. Découvert de l'herbier de Posidonie. Cah. Parc. Nation. Port-Cross, Fr., 4: 1-79, 1982.
- BOVINA G., Restauro e conservazione delle dune costiere, Professione geologo - Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio, Roma, 2004.
- CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., Arbusti autoctoni mediterranei per l'Ingegneria Naturalistica, Azienda Regionale Foreste Demaniali - Collana Sicilia Foreste n° 40, Palermo, 2008.

- DE FALCO G., SIMEONE S., BAROLI M. La rimozione della *Posidonia* dalle spiagge: conseguenze sulla stabilità dei litorali. Fondazione IMC, Oristano: 1-14, 2006.
- GISOTTI G., Principi di Geopedologia, Calderini, Bologna, 1991.
- MATEO M.A. e ROMERO J. Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: elements for an ecosystem carbon and nutrient budget. Mar. Ecol. Prog. Ser., 151: 43-53, 1997.
- MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., GAMBI M.C., FERSI E., BUIA M.C., RUSSO G.F., DE MAIO R., LORENTI M., RANDO A. "Le praterie sommerse del Mediterraneo". Ed. Laboratorio di ecologia del benthos della Stazione Zoologica "Anton Dohrn" di Napoli, Ischia: 59 pp., 1986.
- McHARG IAN L., Progettare con la Natura, Franco Muzzio, Padova, 2007.
- MEDINA J.R., TINTORÉ J., DUARTE C.M. Las praderas de *Posidonia oceanica* y la regeneración de playas. Rev. De Obras Públicas, 3 (409): 31-43, 2001.
- PEIRANO A., BIANCHI N.C. "Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea)". In: Proc. 30th European marine biological Symposium, 87-95. (Southampton), 1995.
- PIAZZI L. e CINELLI F., "Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts". In: CINELLI F., FRESI E., LORENZI C., MUCEDOLA A. (eds). "*Posidonia oceanica* , a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem". Rivista Marittima publ, Italie: 69-71, 1995.
- PROVINCIA DI LIVORNO Linee guida "Gestione integrata della *Posidonia oceanica*". Provincia di Livorno. Assessorato alla difesa suolo e coste: 1-32, 2006.
- RISMONDO A., CURIEL D., SOLAZZI A., MARZOCCHI M., CHIOZZOTTO E., SCATTOLIN M. "Sperimentazione di trapianto a fanerogame marine in Laguna di Venezia: 1992-1994". Società Italiana di Ecologia, Atti 16, 683-685, 1995.
- SCHIECHTL Hugo Meinhard, Bioingegneria forestale, Castaldi, Feltre, 1991.
- WALLINGFORD H.R., A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems, Scottish Natural Heritage, Inverness, 2000.

ATTI

